

# Ozono en una aglomeración Mediterránea y su entorno

M. Escudero, A. Lozano, O. Tapia, J. Hierro, J. del Valle y E. Mantilla

# CUD

Bases Científico-Técnicas para  
mejorar la calidad del aire en España

UIMP, Santander 20 de Julio, 2015



Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza

# ESQUEMA DE LA PRESENTACIÓN

- **Introducción y justificación**
- **Resultados**
  - Variabilidad NO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>
  - Caracterización por dosimetría de los niveles de O<sub>3</sub> en el entorno de Zaragoza
  - Análisis de episodios extremos
- **Conclusiones**
- **Agradecimientos**

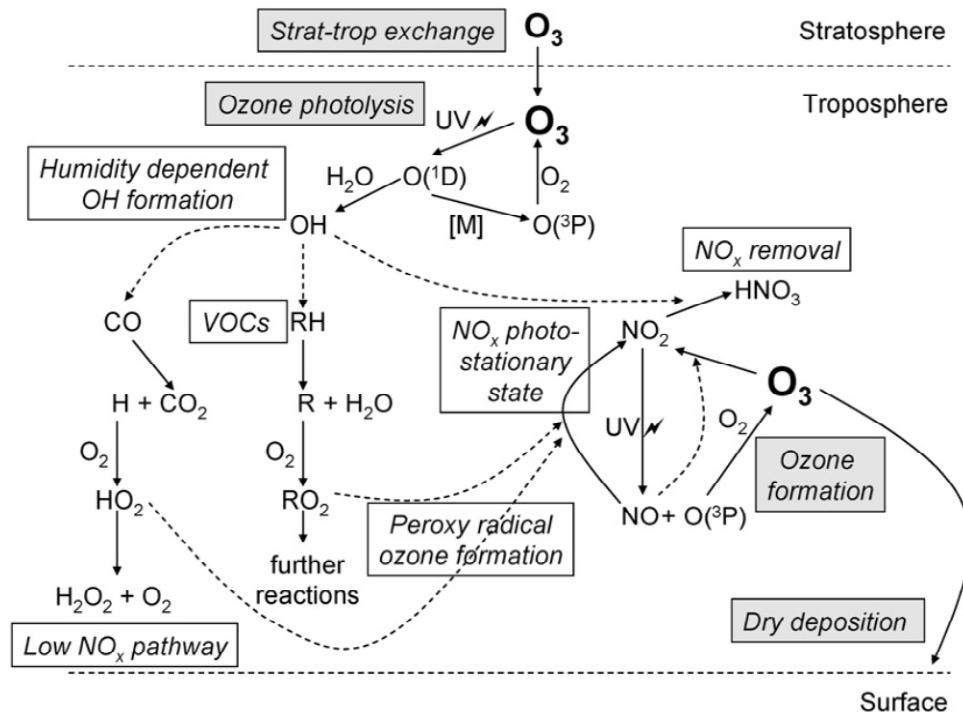


# INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO

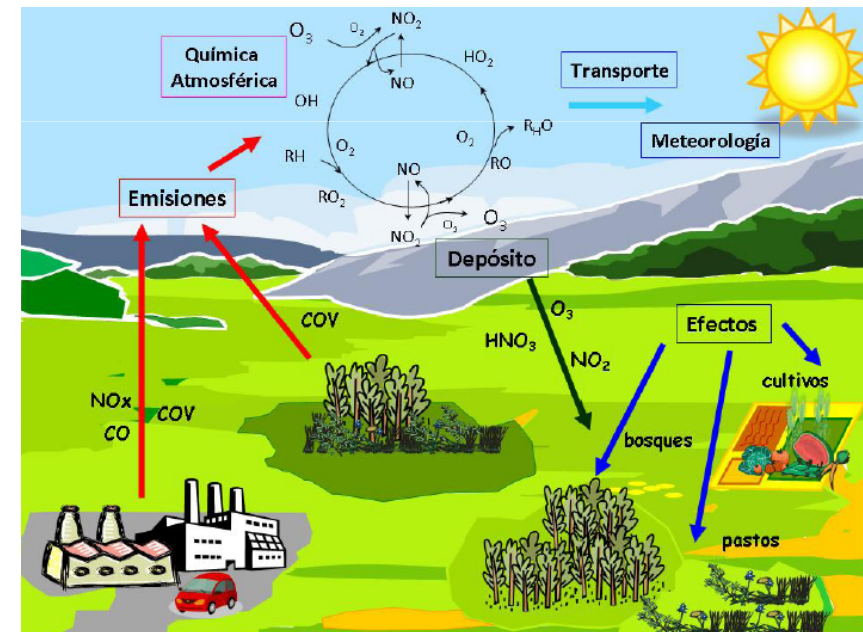


**Centro Universitario  
de la Defensa** Zaragoza

# FORMACIÓN DEL O<sub>3</sub> TROPOSFÉRICO

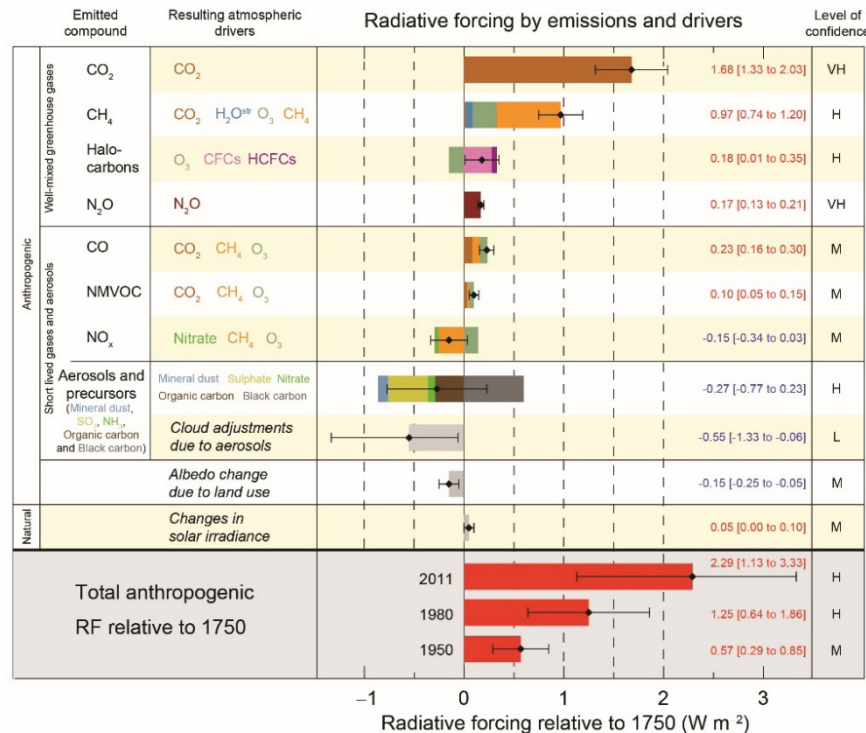


Cape et. al, (2008) STOTEN

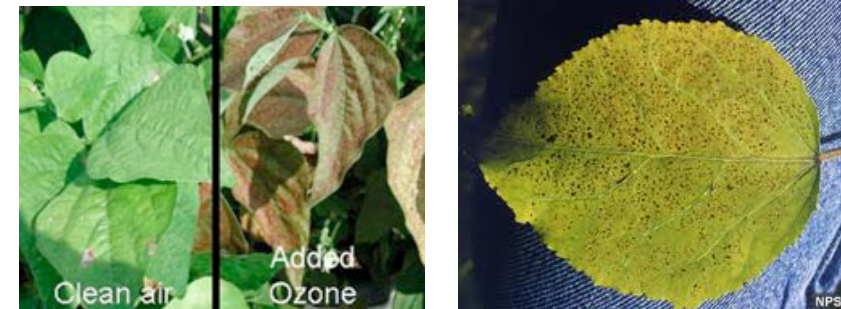


"El Ozono troposférico y su efecto sobre la vegetación" Ed. MAGRAMA, 2009

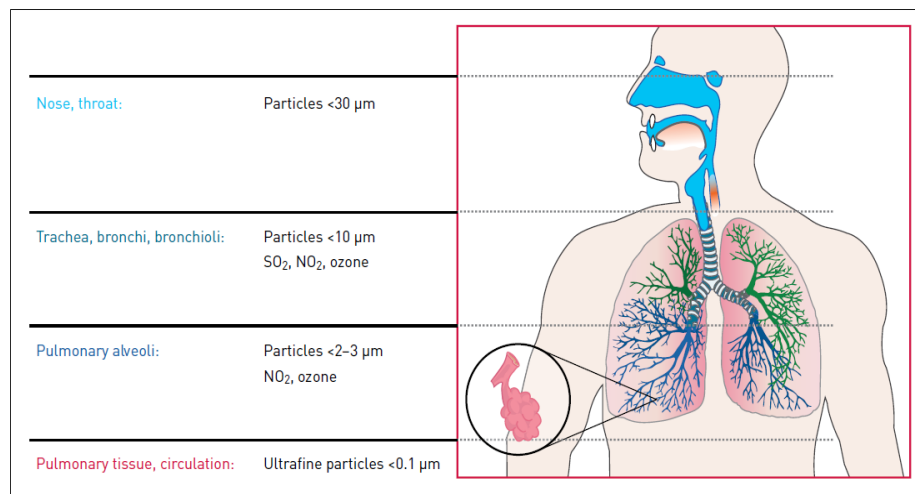
# IMPACTO DEL O<sub>3</sub> TROPOSFÉRICO



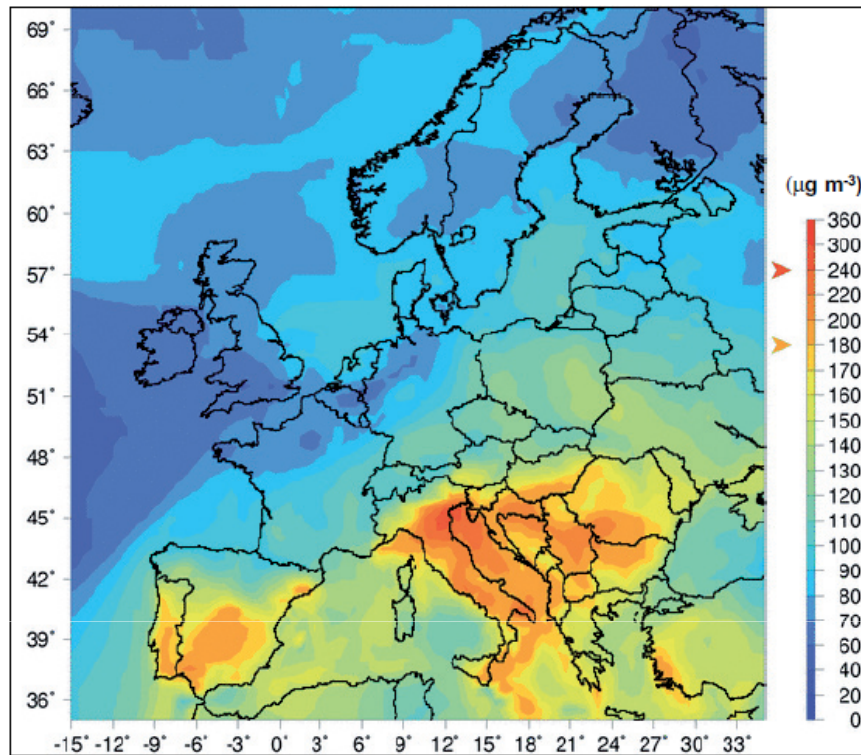
IPCC, (2013)



- Salud: Incrementos morbilidad y mortalidad, alteraciones respiratorias, cardiovasculares y cerebrovasculares
- Vegetación: Efectos sobre las hojas defoliación, senescencia y reducción de producción de cultivos
- Clima: Es GEI
- Efectos sobre materiales: Recubrimientos, gomas y materiales plásticos

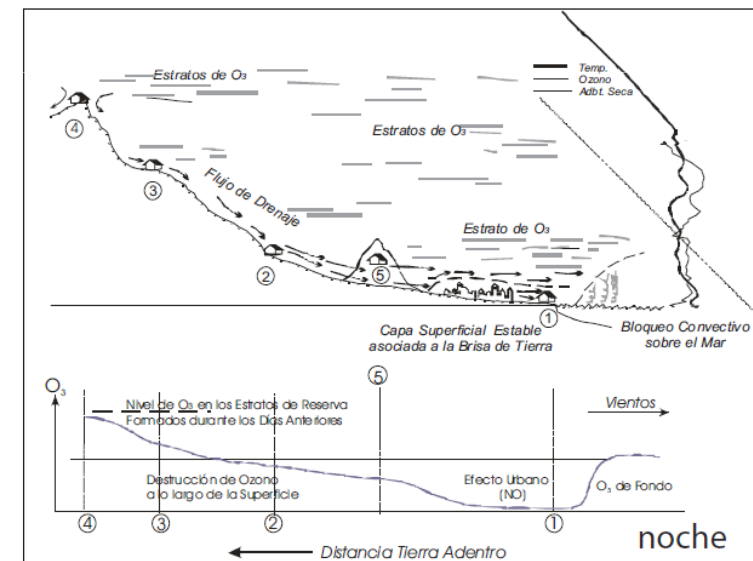
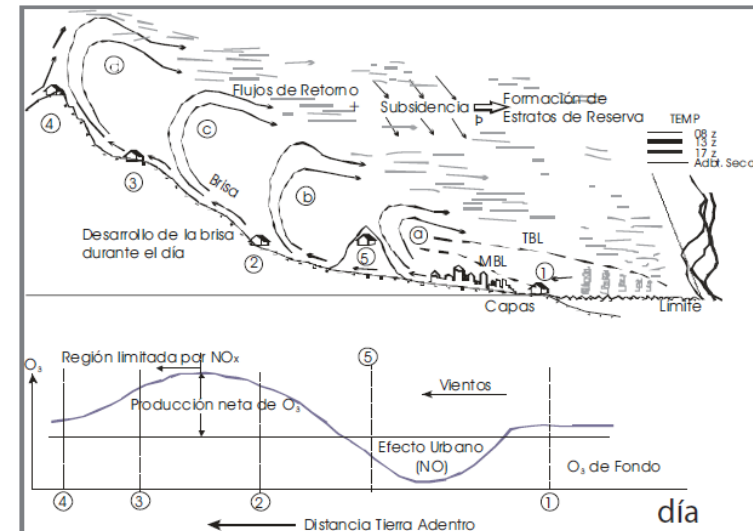


# O<sub>3</sub> EN EL MEDITERRÁNEO



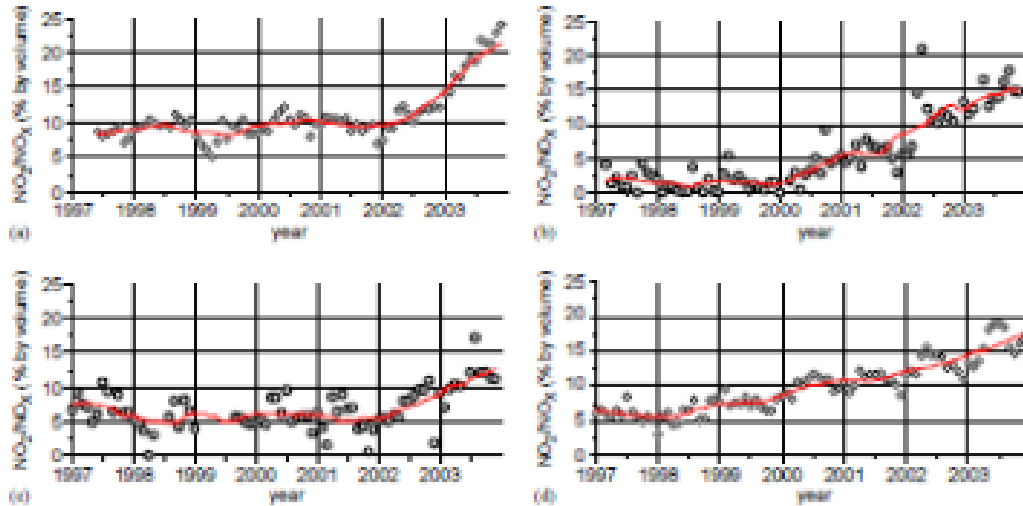
Elevados niveles en el Mediterráneo por:

- i. Factores climáticos
- ii. Orografía particular
- iii. Emisiones de incendios forestales
- iv. Cuenca receptora de precursores de continente Europeo



# TENDENCIAS EN EMISIONES DE NO<sub>x</sub>

- Reducción emisiones NO<sub>x</sub> en EU a través de tecnologías EURO (Vestreng et al., 2009 – ACP)
- Aumento ratio NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>
- Implantación de planes y medidas de mejora dirigidas al tráfico
- Crisis económica



Carslaw, (2005) ATMENV



Departamento de Territorio y Sostenibilidad > Medio Ambiente y Sostenibilidad

Atmosfera

Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire 2011-2015

El objetivo del Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire 2011-2015 tiene como objetivo lograr los niveles de calidad del aire para las partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM10) y el dióxido de nitrógeno (NO2) a los niveles que determina la legislación europea.

Para reducir los niveles de contaminación atmosférica local, se tiene que actuar sobre las fuentes emisoras de las zonas afectadas que a todos los efectos y en todo el mundo coinciden con aglomeraciones urbanas económicamente dinámicas.

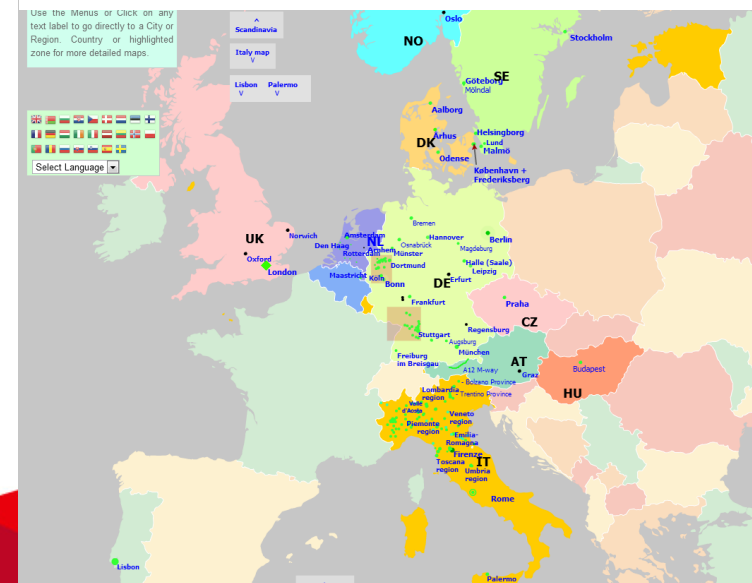
El Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire 2011-2015 prevé actuaciones ambientales adicionales para estas situaciones, las cuales se denominan situaciones de estado ambiental de contaminación. La actuación de estas medidas se formulará para una mejora de calidad del aire muy ligada de los niveles que podrán generar un riesgo para la salud y, por lo tanto, su actuación no requerirá medidas ambientales adicionales.

Medidas que se han de implementar la Generalitat de Catalunya

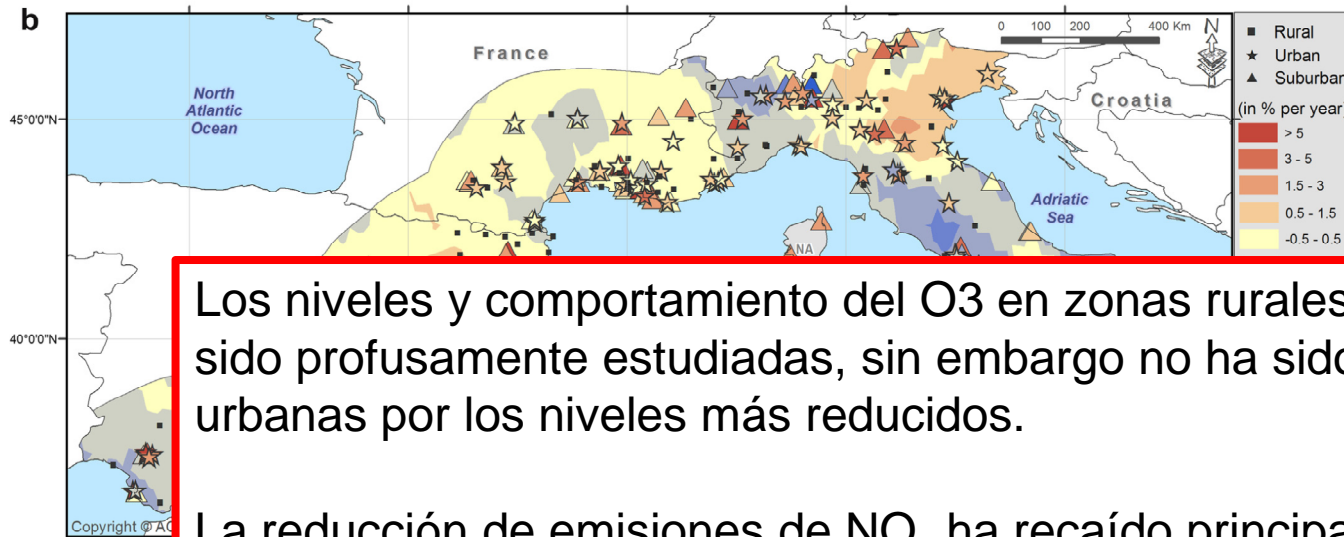
Medidas de transporte relacionadas con el ICAN

Proceso de participación del Plan para la mejora de la calidad del aire 2011-2015

<http://www.lowemissionzones.eu/>



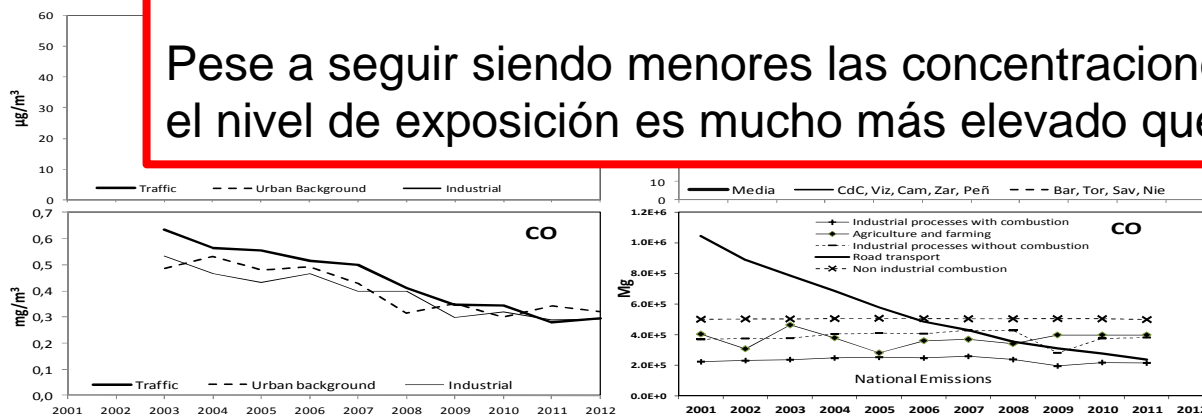
# TENDENCIAS EN NIVELES DE O<sub>3</sub> EN ESPAÑA



Los niveles y comportamiento del O<sub>3</sub> en zonas rurales de España han sido profusamente estudiadas, sin embargo no ha sido así en zonas urbanas por los niveles más reducidos.

La reducción de emisiones de NO<sub>x</sub> ha recaído principalmente en la caída de NO y no en NO<sub>2</sub> lo que ha generado un incremento de las concentraciones de O<sub>3</sub> en zonas urbanas sin una mejora relevante en zonas rurales.

Pese a seguir siendo menores las concentraciones de O<sub>3</sub> en las ciudades el nivel de exposición es mucho más elevado que en zonas rurales



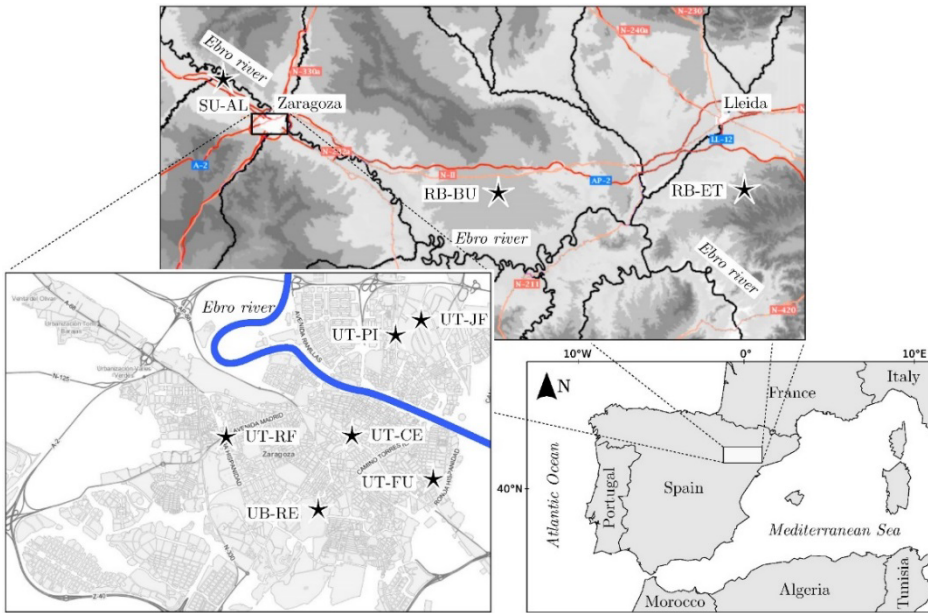


# RESULTADOS



**Centro Universitario  
de la Defensa** Zaragoza

# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: VALLE DEL EBRO



## CONDICIONES AMBIENTALES

- Clima semi-árido continental
- Frecuentes inversiones térmicas en invierno
- Circulación canalizada paralela al valle

## FUENTES DE EMISIÓN

- Tráfico: A-2, AP-2, A-68, AP-68, AP-15 y A-23
- Agricultura y ganadería intensiva
- Industria: Hasta 7 Centrales de Ciclo Combinado

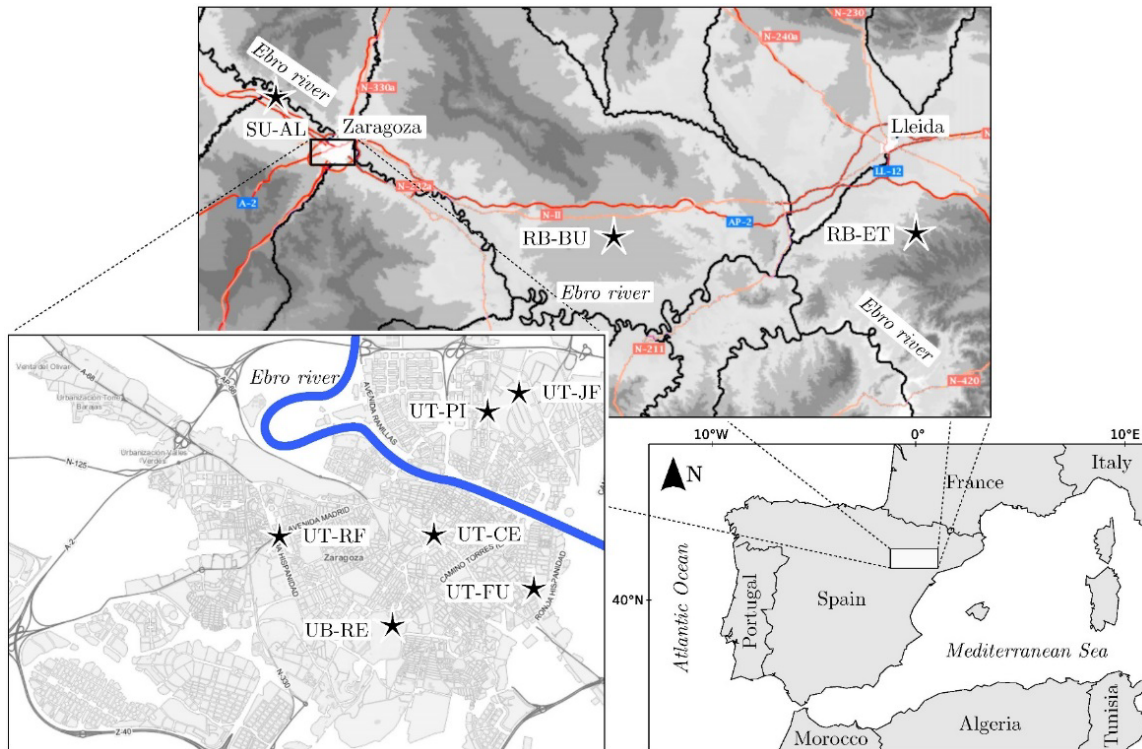
## ZARAGOZA

- 750,000 habitantes
- Reducción del tráfico privado de 28.3% en el centro y de 14.5% en las vías de entrada desde 2008

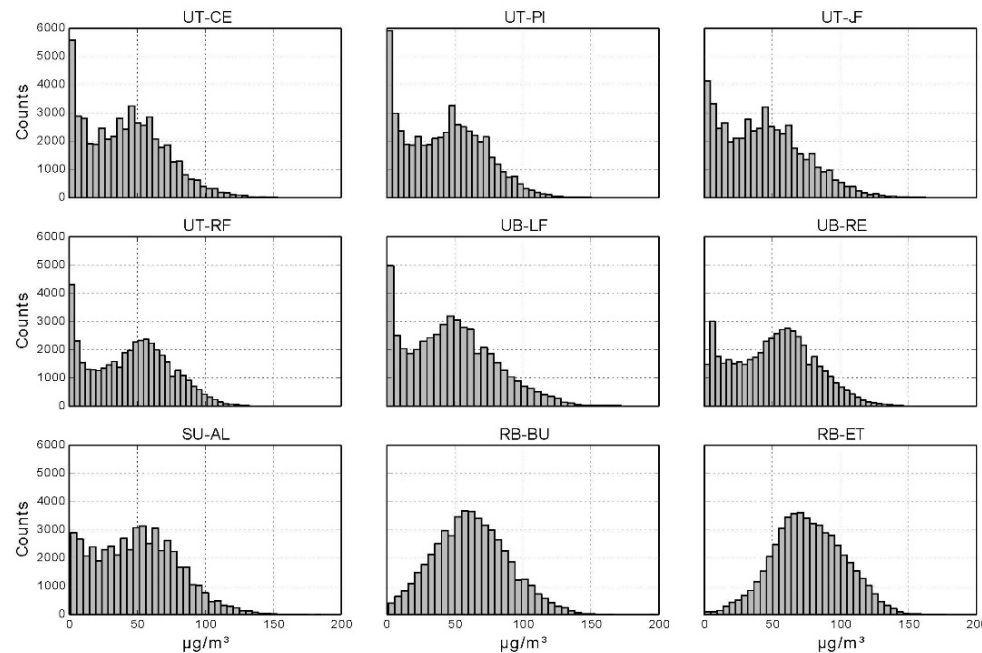
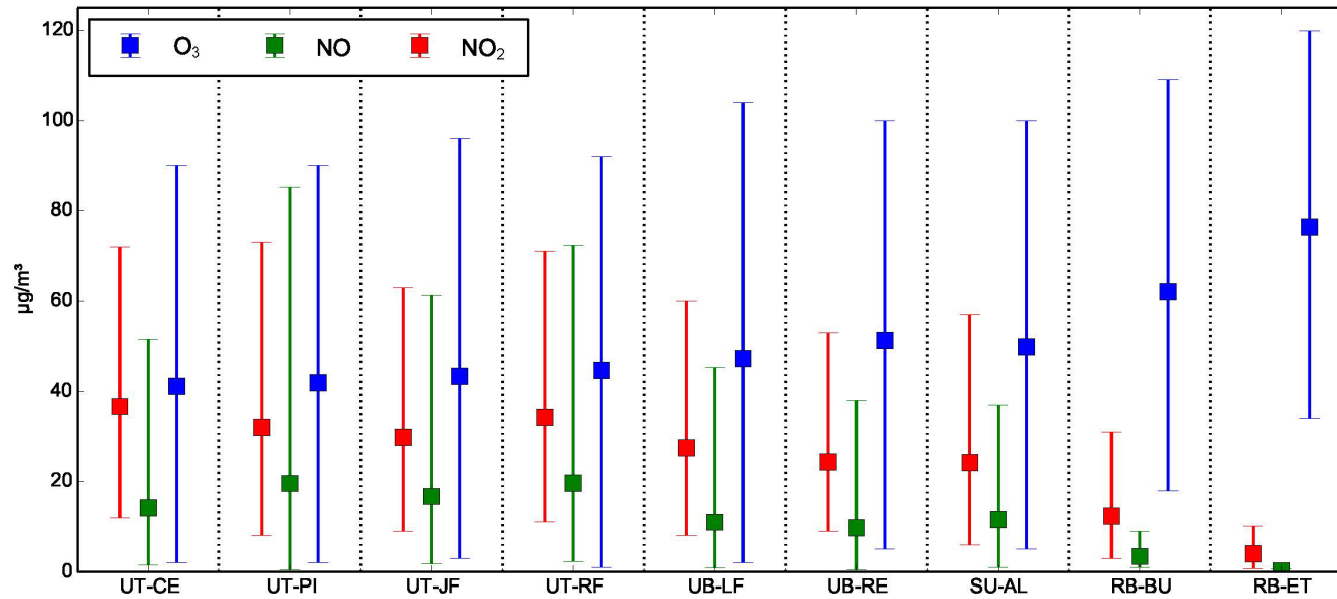


# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: DATOS

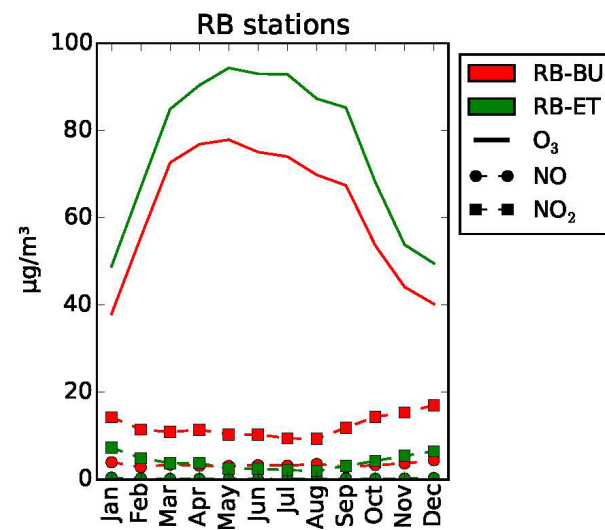
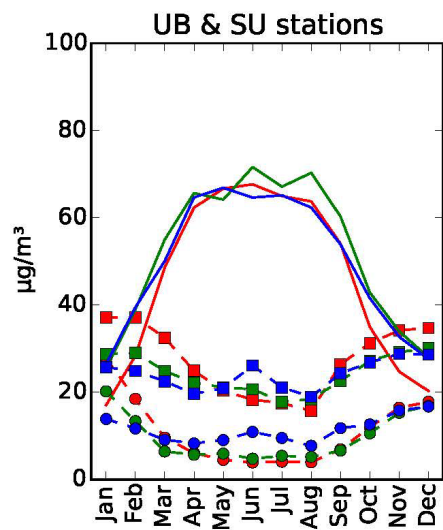
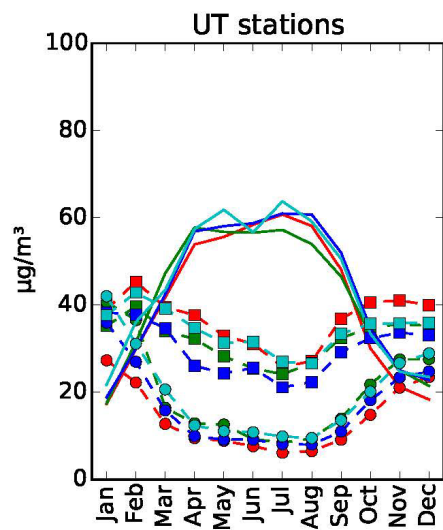
- NO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> horarios de 2007-2012
- 9 estaciones: 4 Urbanas tráfico, 2 urbanas fondo, 1 suburban, 2 rural fondo (1 EMEP)
- Datos meteorológicos



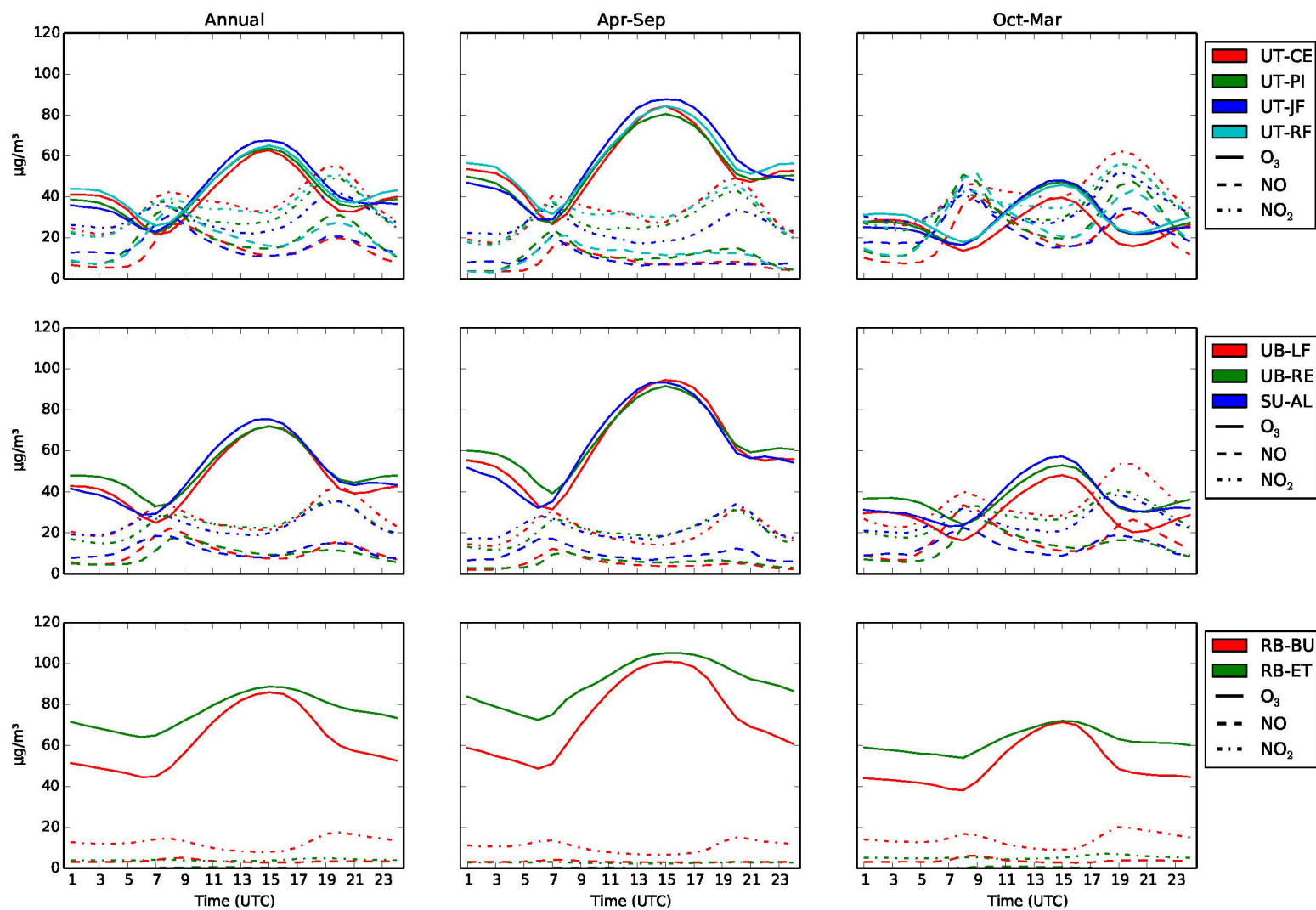
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: PROMEDIO NO, NO<sub>2</sub> Y O<sub>3</sub>



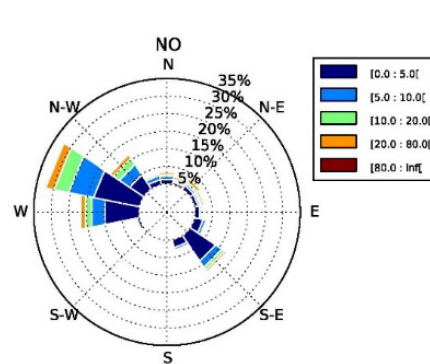
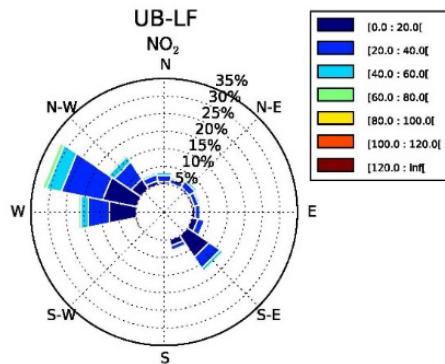
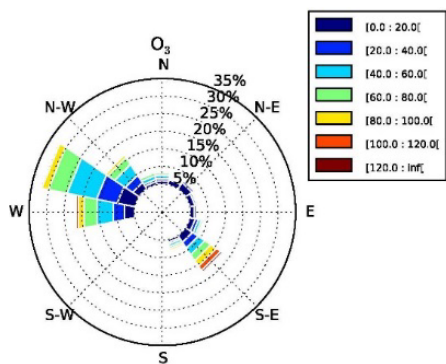
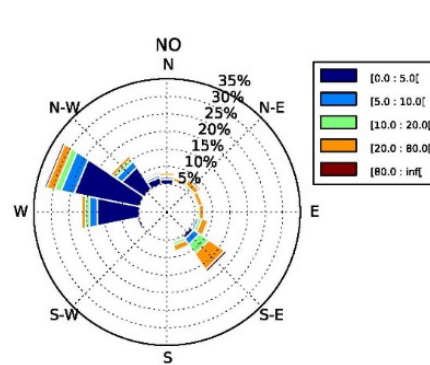
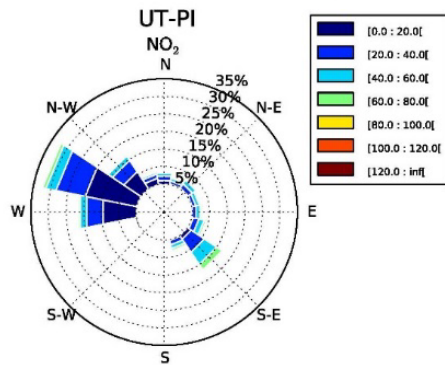
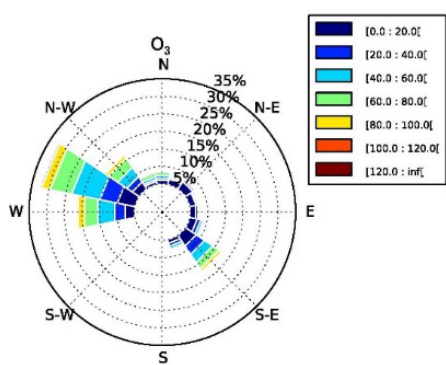
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: ESTACIONALIDAD



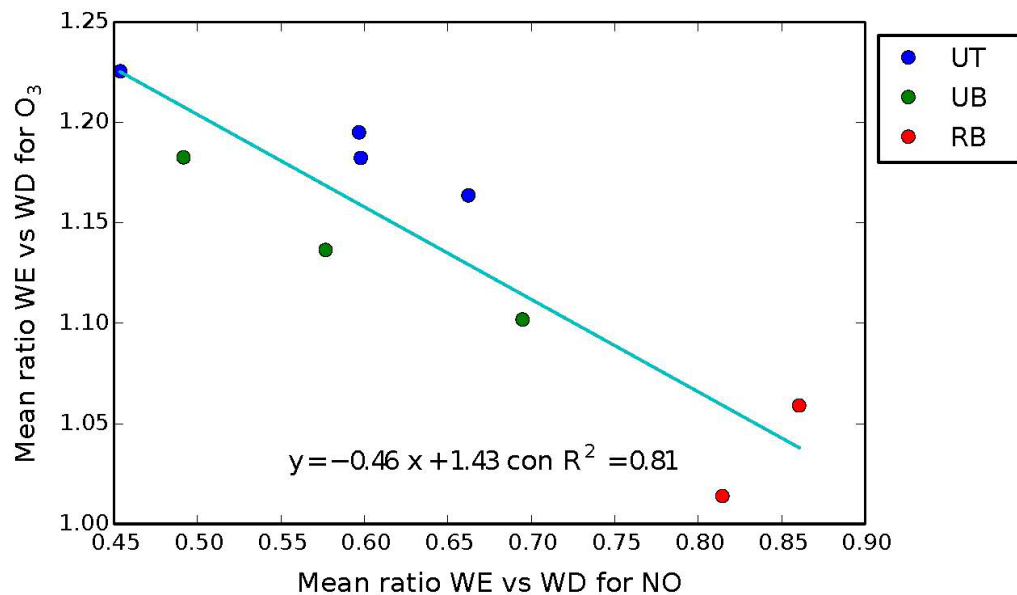
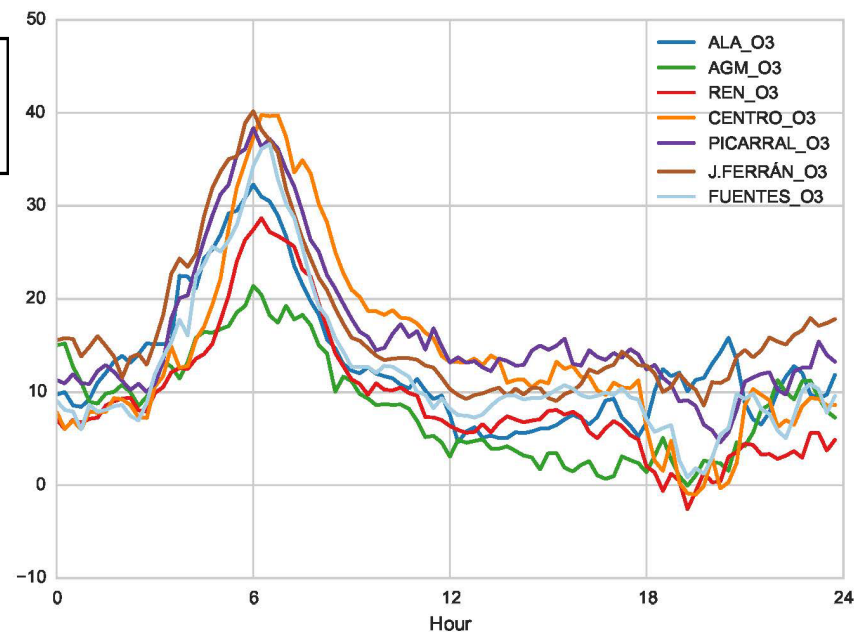
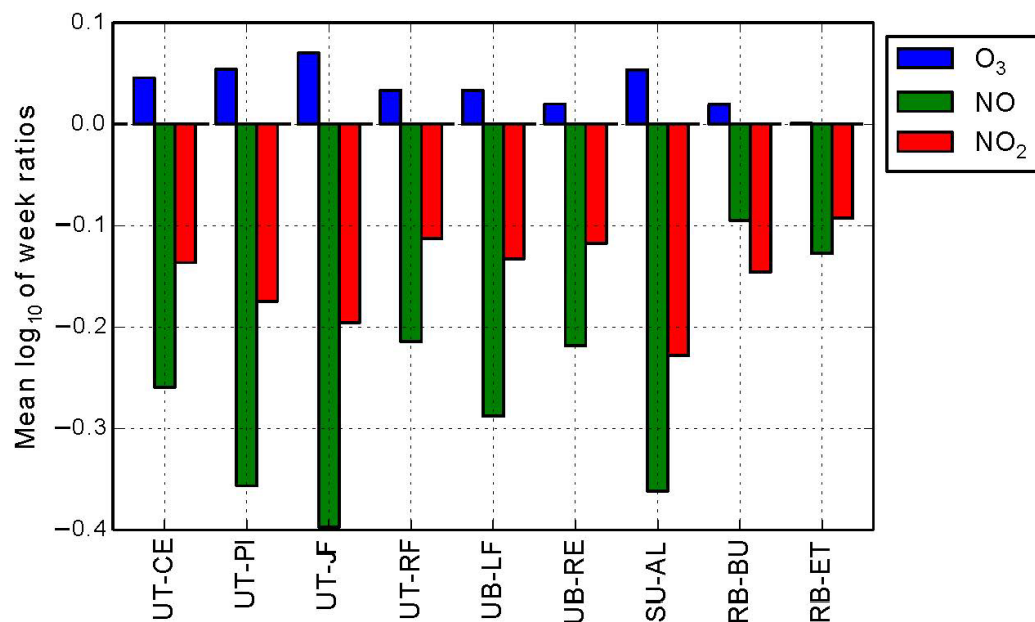
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: CICLOS DIARIOS



# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: ASPECTOS LOCALES



# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: WEEKEND EFFECT

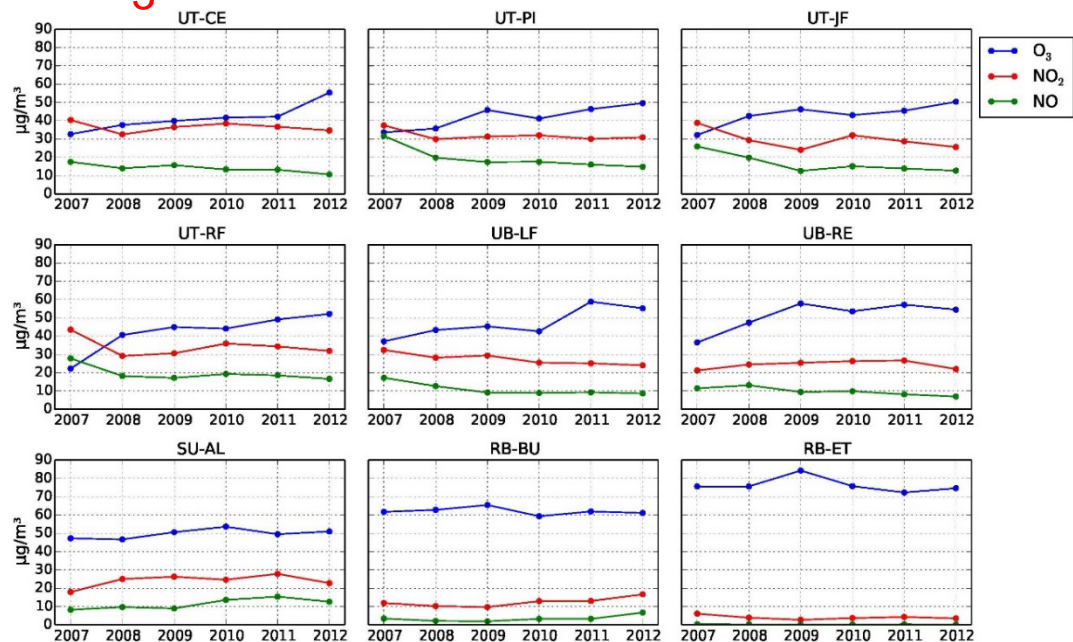


## POSIBLES CAUSAS

- i. Reducción de emisiones de NO
- ii. Cambio de un régimen de NO<sub>x</sub>-sensible a COV-sensible
- iii. Aumento de la radiación por menor efecto de scattering de aerosoles durante el fin de semana



# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: TENDENCIAS 2007-2012



## FACTORES

- i. Crisis económica
- ii. Cambios significativos en la movilidad
- iii. Finalización de grandes obras públicas

## OZONO

- Tráfico: +3.0-4.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per year. (n.c. > 95%)
- Fondo urbano y suburbanas: tendencias positiva (n.s.)
- Rurales: Tendencias levemente negativas (n.s.)

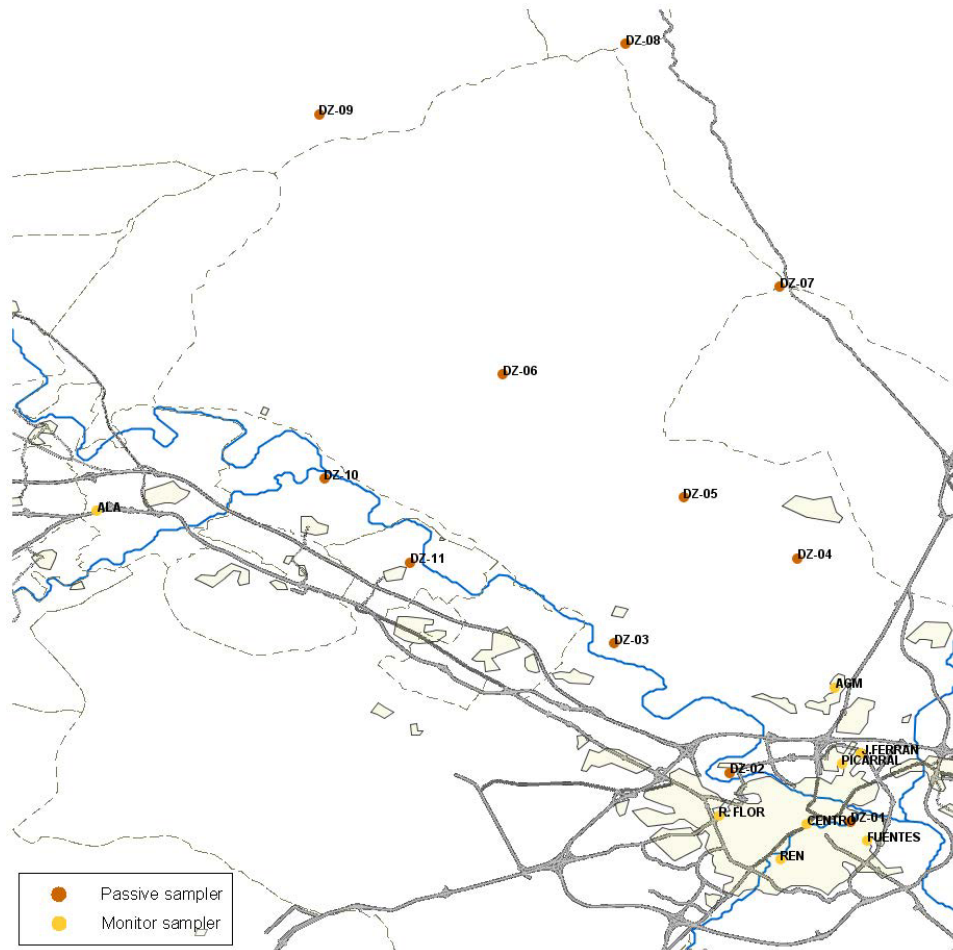
## NO

- Tráfico y fondo urbano: -1.0-2.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per year. (n.c. > 95%)
- Suburbanas y rurales: Tendencias levemente positivas (n.s.)

## NO<sub>2</sub>

- Tendencias no significativas

# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: CAMPAÑA VERANO 2014



## ENTORNO

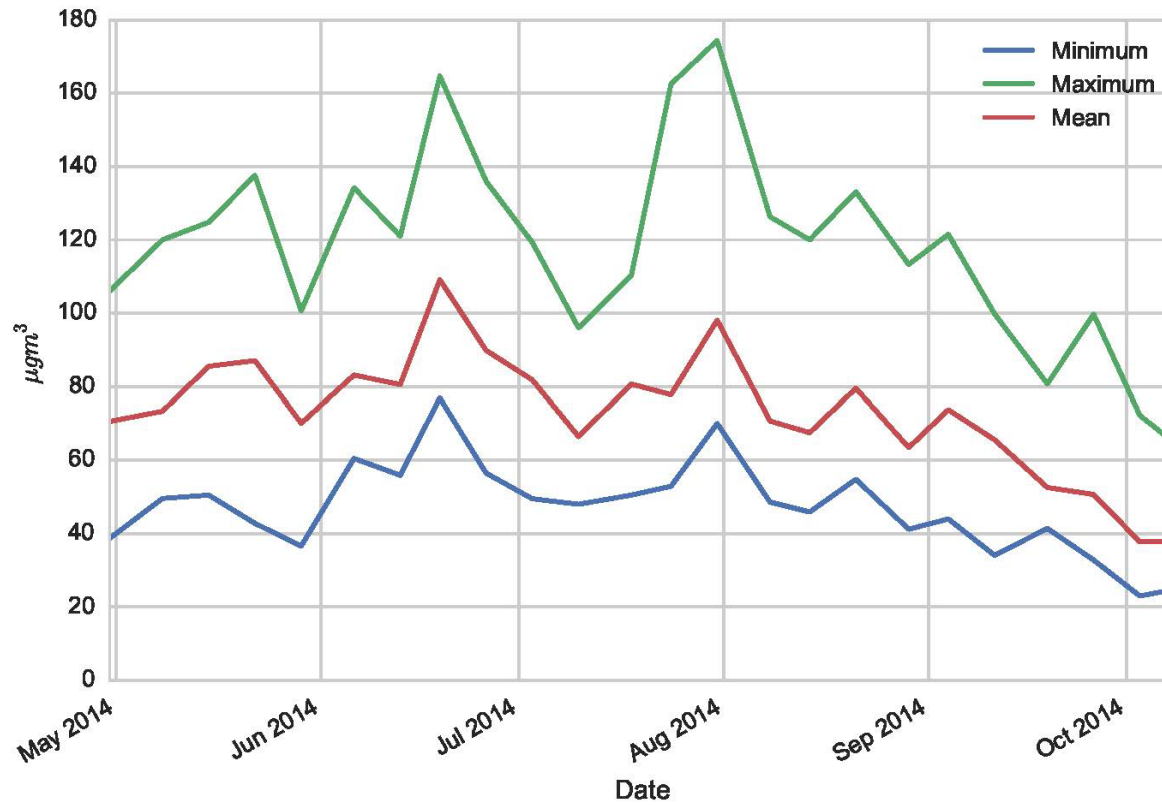
- Zona prácticamente desértica
- Valle del Ebro poblada y con vías de tráfico principales

## DATOS

- 11 puntos para dosimetría (24 semanas)
- 7 estaciones fijas
- Abril-Octubre 2014

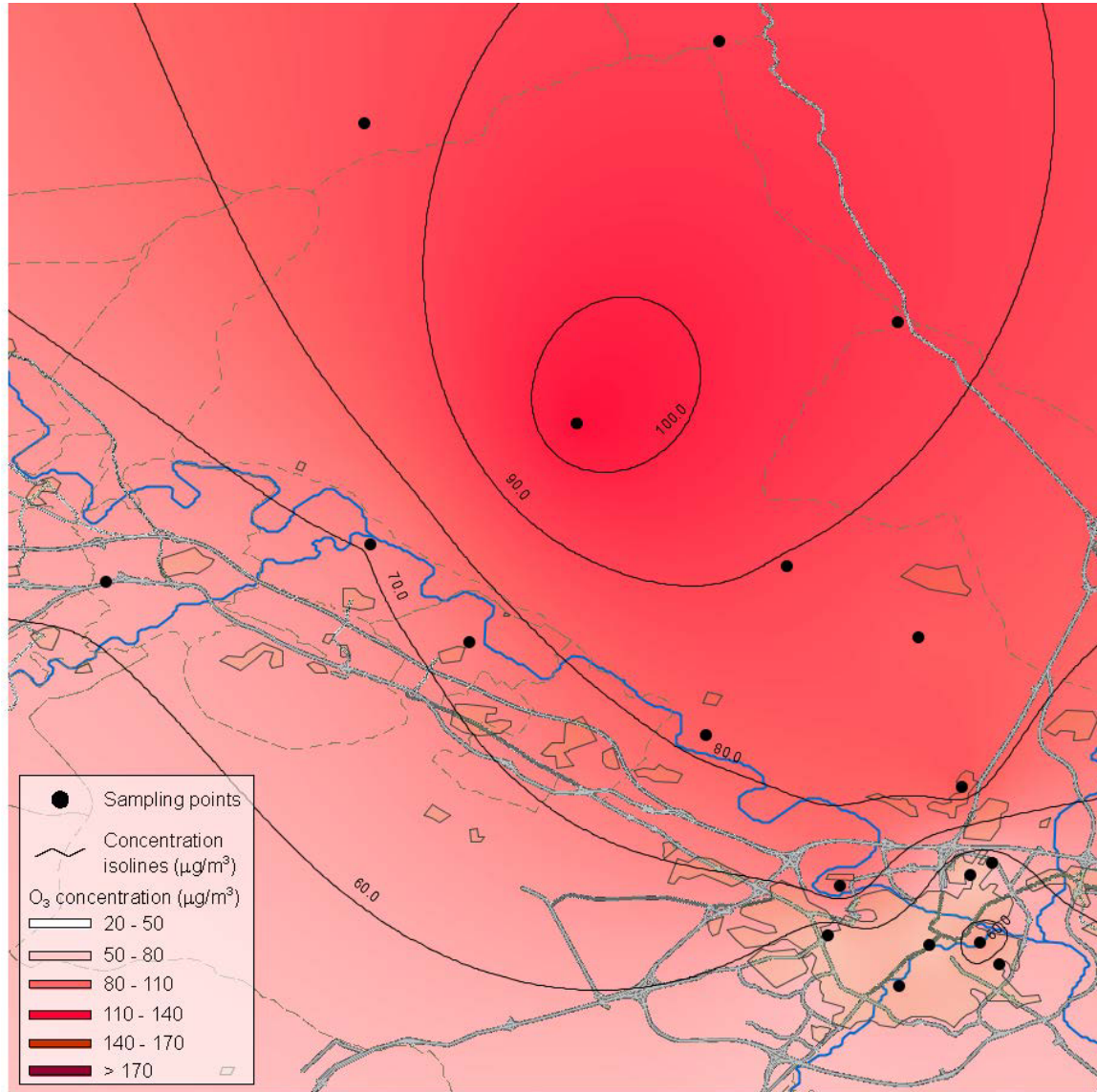


# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: CAMPAÑA VERANO 2014



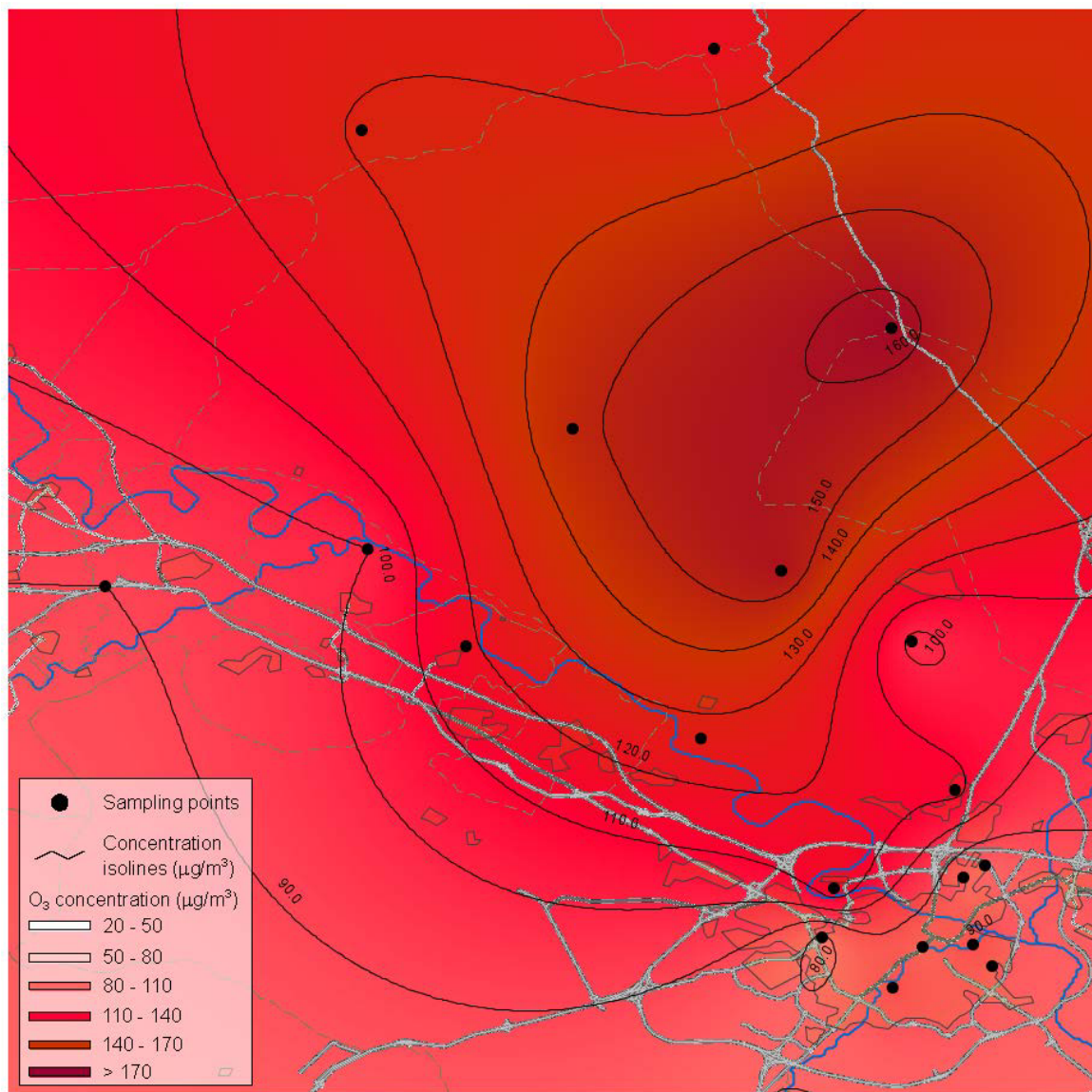
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: VARIABILIDAD ESPACIAL

Mapa promedio de concentraciones Abril-October 2014



# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS

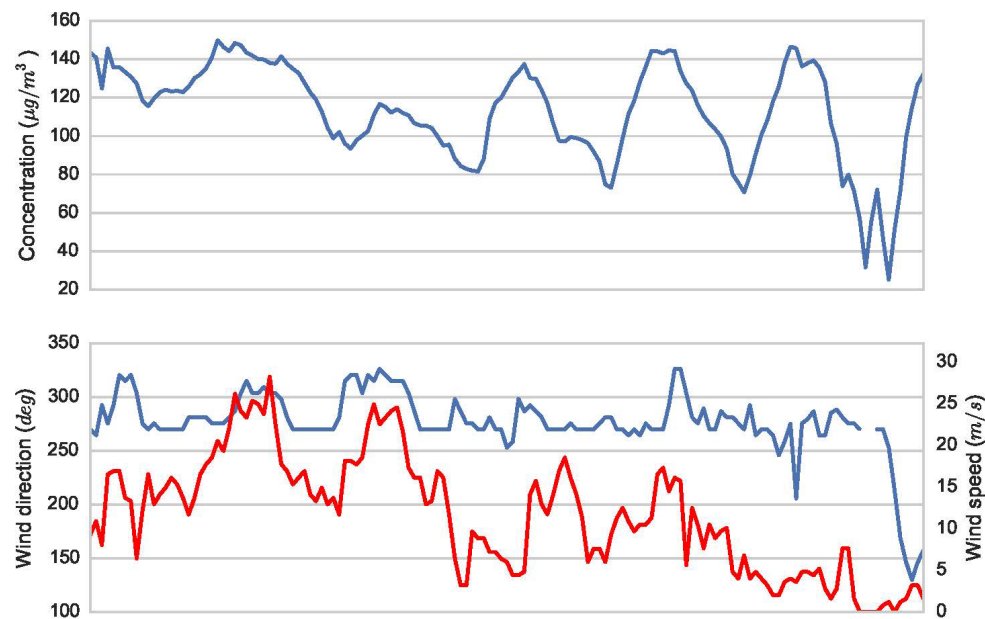
13-19 Junio 2014



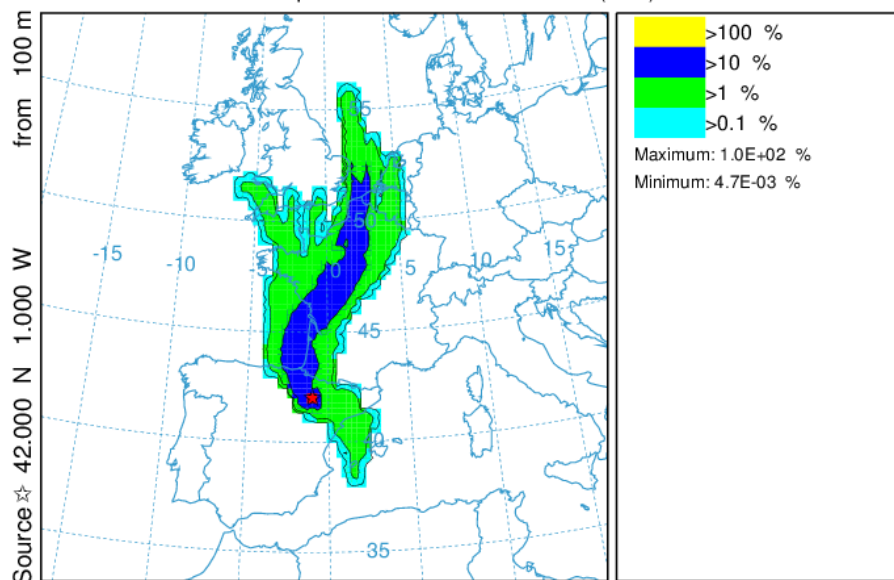
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS

13-19 Junio 2014

Campaign 8: from 20140613 12:00 to 20140619 12:00



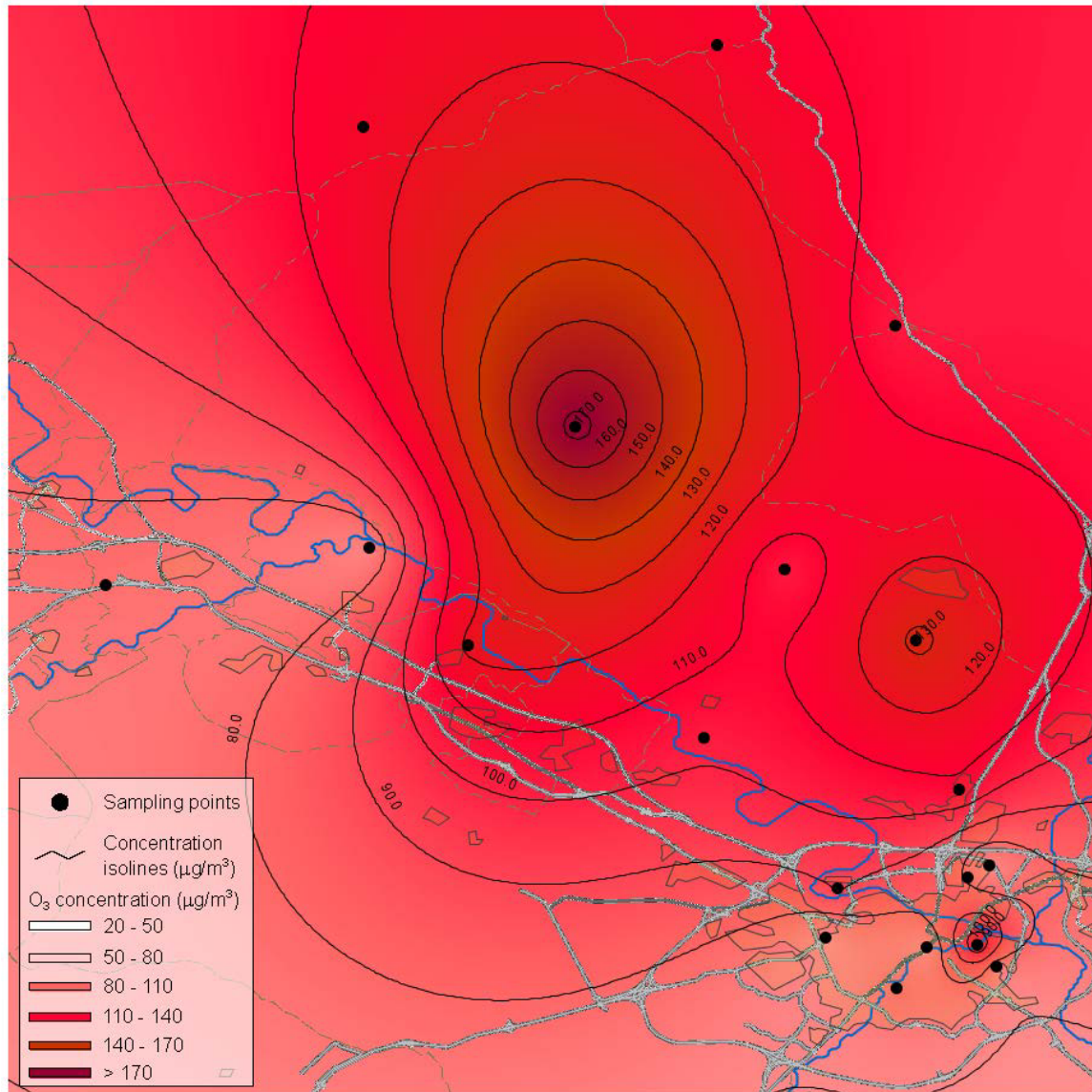
Trajectory Frequency  
Values (%) averaged between 0 m and 99999 m  
Integrated from 0000 13 Jun to 0000 19 Jun 14 (UTC)  
Freq Release started at 0000 00 00 (UTC)



METEOROLOGICAL DATA

# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS

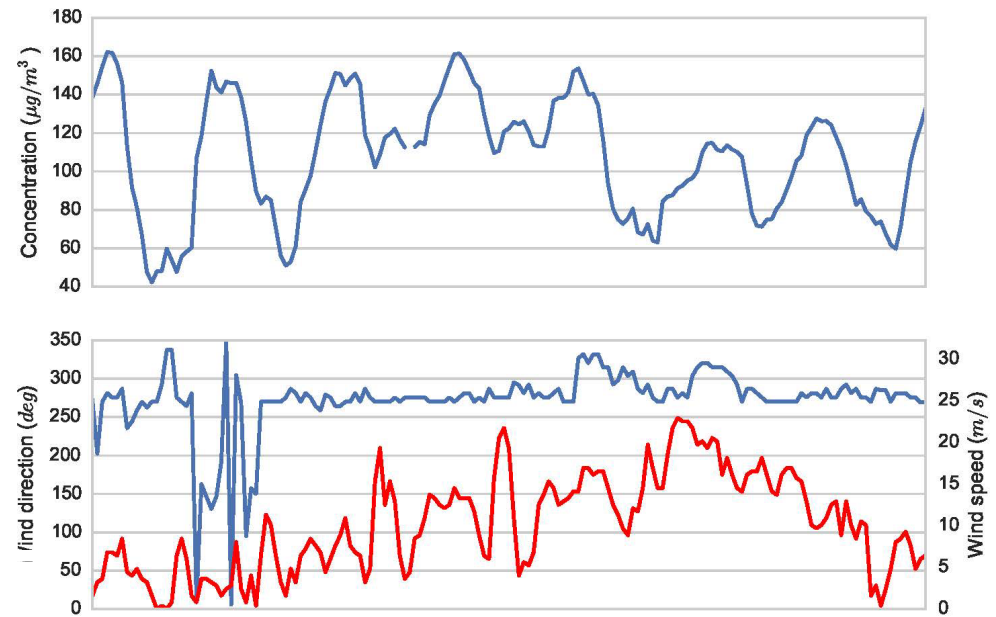
24-31 Julio 2014



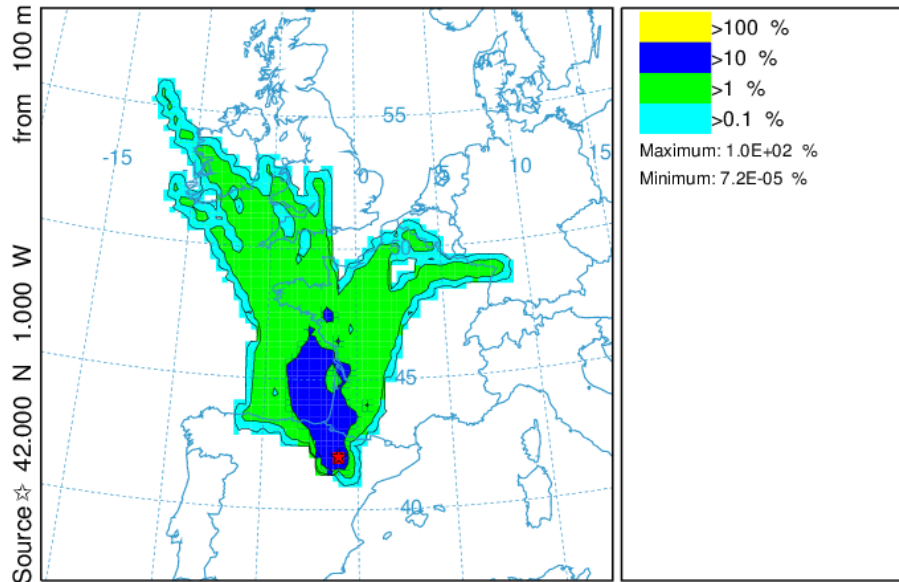
# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS

24-31 Julio 2014

Campaign 14: from 20140724 12:00 to 20140731 12:00



Trajectory Frequency  
Values (%) averaged between 0 m and 99999 m  
Integrated from 0000 24 Jul to 0000 31 Jul 14 (UTC)  
Freq Release started at 0000 00 00 (UTC)

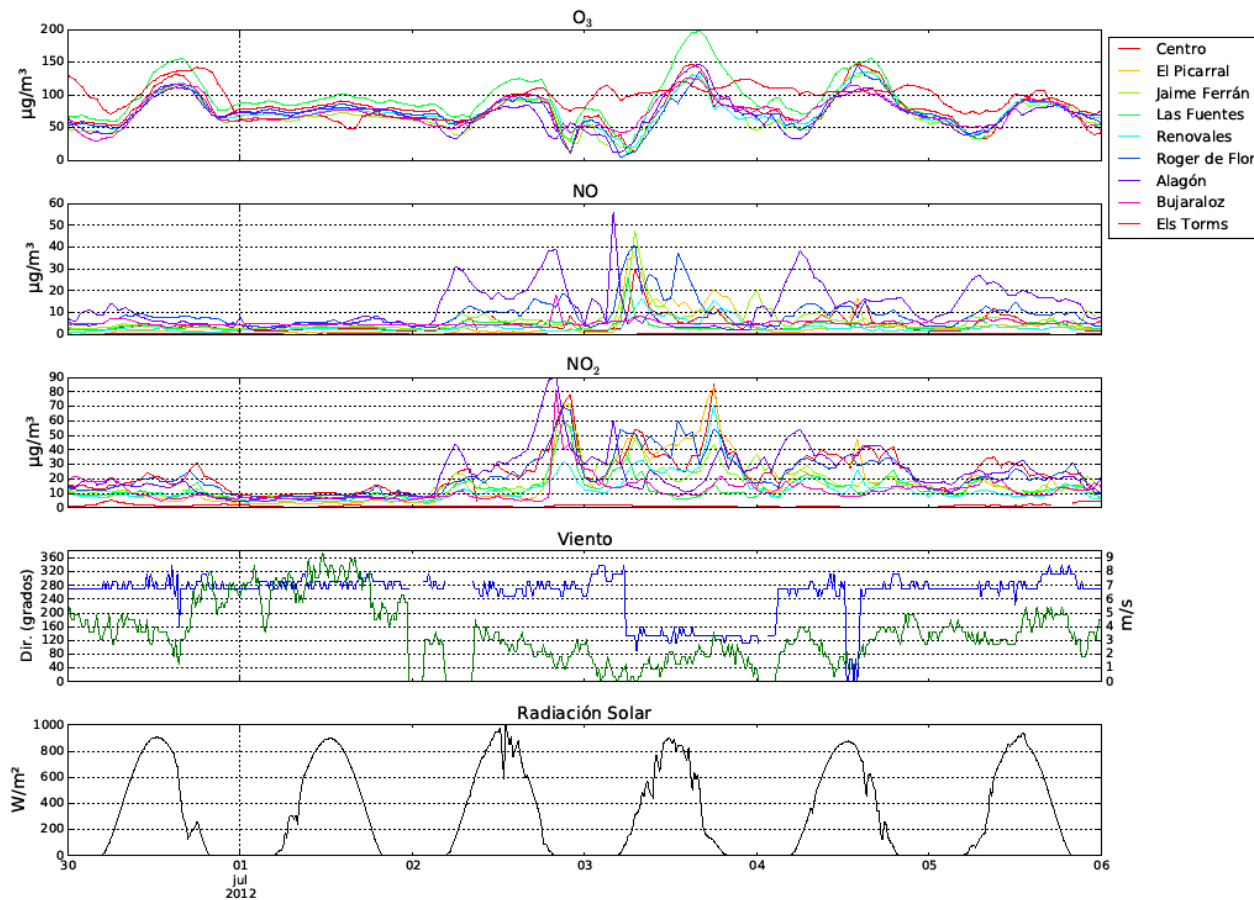


METEOROLOGICAL DATA



# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS

1-4 Julio 2012



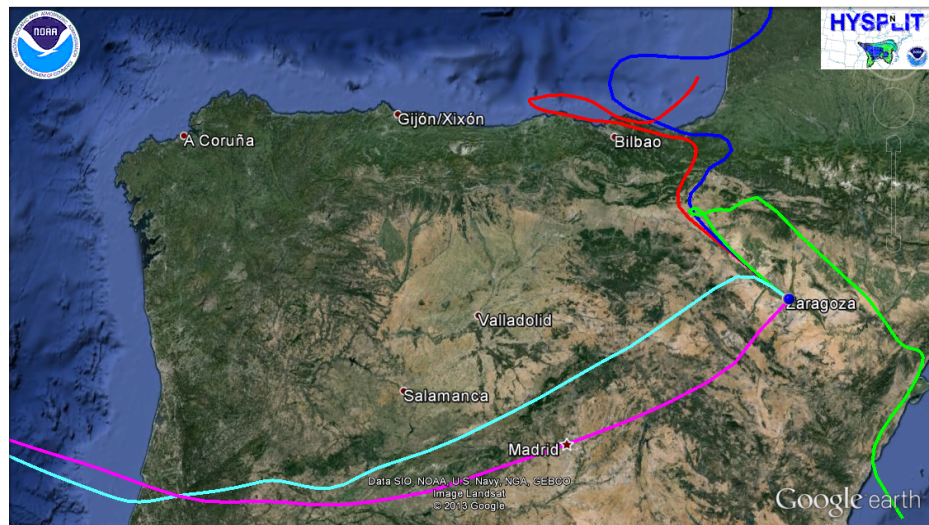


# O<sub>3</sub> EN ZARAGOZA Y SU ENTORNO: EPISODIOS EXTREMOS



Altitud (m.s.n.m.)

- 100
- 300
- 500
- 1000
- 2500



Retrotrayectorias de 48 h que llegan a Zaragoza el 3/7/2012 (arriba) y el 4/7/2012 (abajo) a las 15:00 UTC para 5 alturas: 100, 300, 500, 1000 y 2500



Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza

# CONCLUSIONES



**Centro Universitario  
de la Defensa** Zaragoza

# CONCLUSIONES

- Los altos niveles de  $O_3$  en el Mediterráneo son un problema ambiental de primer orden con impacto negativo sobre la salud, la vegetación, el clima y los materiales
- La reducción de las emisiones de  $NO_x$ , el aumento del ratio  $NO_2/NO_x$ , la implantación de planes de mejora y la crisis económica han generado aumento de niveles de  $O_3$  en zonas urbanas.

## Variabilidad de $O_3$ , NO y $NO_2$ en Zaragoza

- La actividad fotoquímica, la estabilidad atmosférica y la consecuente recirculación y envejecimiento de masas de aire justifican los máximos de  $O_3$  en primavera y verano.
- La destrucción por titración de  $O_3$  por parte del NO emitido por el tráfico (y otras fuentes de combustión) es básica para entender los diferentes niveles promedio y distribuciones de frecuencia de  $O_3$  entre estaciones de distinto tipo. También condiciona la variabilidad diurna generando mínimos de  $O_3$  en las horas punta.
- El efecto fin de semana en Zaragoza se ve plasmado en aumentos de  $O_3$  de entre 9 y 17% coincidente con reducciones de NO de 35-66% y de  $NO_2$  de 21-34%. En las estaciones no urbanas el efecto es casi imperceptible para  $O_3$
- Se ha encontrado una correlación significativa entre los incrementos promedio de  $O_3$  durante los fines de semana y la reducción de los niveles de NO todas las estaciones.

# CONCLUSIONES

- En 2007-2012, las tendencias positivas significativas en las concentraciones de  $O_3$  en zonas urbanas coinciden con decrementos significativos de niveles de NO pero no así en zonas rurales. Todo ello se explica por la reducción en tráfico en la ciudad de un 28.3% en el centro y de un 14.5% en las vías de entrada por la puesta en marcha de un plan de movilidad, la crisis económica y la finalización de grandes obras públicas.

## **Caracterización de niveles en el entorno de Zaragoza mediante dosimetría**

- Durante la campaña de  $O_3$  de 2014 se ha ejecutado una campaña con captadores pasivos. Se han encontrado niveles elevados sobre todo en las zonas con muy bajas emisiones y algo más bajas en las zonas cercanas a las vías de tráfico del valle del Ebro.

## **Episodios extremos**

- Los patrones meteorológicos de los episodios extremos de  $O_3$  en el valle del Ebro central están caracterizados por un transporte NW en superficie que puede aportar precursores desde la zona del País Vasco y el suroeste de Francia. En altura, los aportes vienen la zona de la metrópolis de Madrid



# AGRADECIMIENTOS

## FINANCIACIÓN

- Ayuntamiento de Zaragoza
- CUD Zaragoza (Proyecto CUD 2013-18)
- Fundación Biodiversidad (Proyecto AQ-NAT)

## PROVISIÓN DE DATOS

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Gobierno de Aragón
- AEMET
- MAGRAMA

## ADEMÁS, POR SU COLABORACIÓN...

- AGM
- CENAD San Gregorio



¡¡GRACIAS!!



**Centro Universitario  
de la Defensa Zaragoza**  
cud.unizar.es

Academia General Militar · Ctra. Huesca s/n · 50090 Zaragoza · 976 739 500